ボードの記事　システムの記事

携帯電話向け高速シリアル伝送の実力を実デバイスで評価

――1チャネル当たり200Mbps，1.5mAを実現する“Mobile Video Interface”

柴田幸成

携帯電話では，高精細の液晶表示や動画表示によるデータ量の増加，さらには形状の多様化に伴って，消費電力やヒンジ部の電磁放射ノイズ（EMI）の増大，ピン数の増加などが深刻な問題となっている．こうした課題の一つの解として，シリアル・インターフェースの採用が挙げられる．ただし，携帯機器に利用するには消費電流を抑えたインターフェース規格が必要になる．ここでは，セイコーエプソンとルネサス テクノロジが共同で策定した携帯電話向け高速シリアル・インターフェース規格“Mobile Video Interface”の概要とその評価結果について解説する．（編集部）

携帯電話の普及に伴い，多くの方がその高機能化を実感されていると思います．現在，各メーカから発売されている新しい機種の携帯電話は，LCD（liquid crystal display；液晶ディスプレイ）パネルの画素数や色数が増加し，カメラも高解像度に対応しています．また，携帯電話の形状も単純な折り畳み型から回転型，2軸ヒンジ，スライド方式など，さまざまな形をとるようになりました．

図1に，現在の携帯電話に対する要求と，それにこたえるための課題をまとめました．以下に，それぞれの要求項目について簡単に説明します．

1）表示パネルの画素数と色数に対する要求

携帯電話における現在主流の液晶画素数は，QCIF（176×144ピクセル）またはその前後のサイズです．今後は，QVGA（320×240ピクセル），さらにはそれ以上の画素数への対応が要求されるものと思われます．また，色数も従来の6.5万色から26万色へと増加していくことでしょう．なお，6.5万色は16ビット，26万色は18ビットに相当します．

2）内蔵カメラの画素数に対する要求

実は，表示画面以上に高解像度化が進んでいるのが内蔵カメラです．すでに100万画素を超えるカメラを搭載した携帯電話が数多く発売されています．現在では300万画素以上のカメラを搭載し，かつ，ズーム機能を持たせた携帯電話もあります．カメラは，動作している時間は短いもの

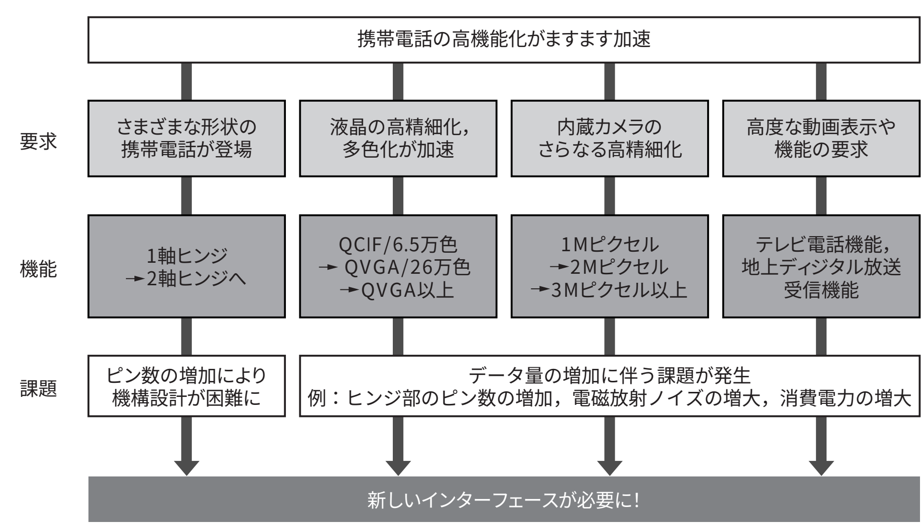


図1
携帯電話を取り巻く環境
現在，携帯電話に要求される項目として，形状の多様化，液晶の高精細化・多色化，高度な動画表示などが挙げられる．これらの要求を満たすためには多くの課題があり，この課題を解決するための一つの解として高速シリアル・インターフェースがある．

の，動作中には大量のデータ転送が行われます．ここでは表示画面よりも大きな転送速度が必要になります．

3）動画表示機能に対する要求

テレビ電話機能を備えた携帯電話も出始めました．また，地上ディジタル放送用テレビ・チューナの搭載も目前に迫ってきていると言われています．

これらの要求にこたえようとすると，データ線が増え，各機能を実現するために制御線も増加するため，携帯電話のヒンジ部に通される信号線は数十本以上となります．差異化を図るためにいろいろとデザインを変える必要がありますが，このとき多すぎるデータ線と制御線が問題になってきます．つまり，今後の携帯電話に求められる機能に対応するためには，機構そのものによる電気配線の難しさ，配線本数の増大，およびそれに伴うEMC（electro magnetic compatibility）対策といった課題があります．

こうした背景から，従来のパラレル・バスに替わる新たなインターフェースが必要とされており，最近では，高速シリアル・バスが注目されています．

● 携帯向けに低消費電流のシリアル・バス規格を策定

高速シリアル・インターフェースについては，さまざまな方式が提案・実用化されています．しかし，その多くは消費電流が大きく，そのまま携帯電話に採用することは厳しいと思われます．

例えば，身近な高速シリアル・インターフェースとして，パソコンのモニタなどに使用されているLVDS（low voltage differential signaling）が挙げられます．LVDSでは，伝送路に数mAの電流を流して終端抵抗で電圧変換し，その電位差で信号を受信しています（**図2**）．しかし，携帯電話では低消費電力を要求されるので，LVDSのように伝送路に数mAを流す方式はあまり好ましくありません．

そこで筆者ら（セイコーエプソン）とルネサス テクノロジは，新たに携帯電話向けシリアル・インターフェース規格" Mobile Video Interface "を共同で策定しました．Mobile Video Interfaceは，以下の項目を目標に開発しました．

- シンプルな回路構成によって組み込み機器内のデバイス（LSI，カメラ，表示パネルなど）の間を1対1で接続し，高速データ転送を実現すること
- 低消費電力であること

また，次のような特徴を持っています．

- シリアル化によって信号線数を大幅に削減
- 差動シリアル伝送方式を採用して消費電力と電磁放射ノイズ（EMI）を低減
- ターゲット側にPLL（phase-locked loop）を必要としない
- データ転送速度は1チャネル当たり最大200Mbps
- パワー・ダウン/ウェイクアップ機能を備える
- 8b/10b符号化を採用
- アプリケーションに応じて上位層をカスタマイズ可能

なお，本インターフェース規格では，「ホスト（HOST）」，「ターゲット（TARGET）」ということばを使用しています．ホストは，クロックを供給する側（制御・管理する側）のMobile Video Interfaceシステム（例えば，ベースバンドLSIやLCDコントローラ，アプリケーション・プロセッサなど）を指します．一方，ターゲットはクロックを供給される側（制御・管理される側）のMobile Video Interfaceシステム（例えば，LCDコントローラ，アプリケーション・プロセッサ，LCDパネル，カメラなど）を指します．

上述したように，LVDSのような高抵抗を使用できない*I-V*（電流-電圧）変換では，ある一定の電位差を生じさせるために伝送路上にmA単位の電流が必要となります．一方，本インターフェース規格では独自の高抵抗*I-V*変換回路を開発して，伝送路上の電流をμA単位に抑えました．また，シリアル・インターフェースであるため，パラレル・インターフェースよりも物理信号線が少なく，伝送路の電流が小さいのでEMIを低減できます．例えば，LCDコントローラとLCDパネル（QCIFサイズ）をRGBインターフェース[注1]

注1：RGBインターフェースは，VSYNC（垂直同期信号），HSYNC（水平同期信号），DOTCLK，DATAの信号によって，画像をLCDコントローラからLCDパネルに転送する．RGBインターフェースを使用する場合，LCDドライバに画像用のメモリがないため，つねにデータを転送する．

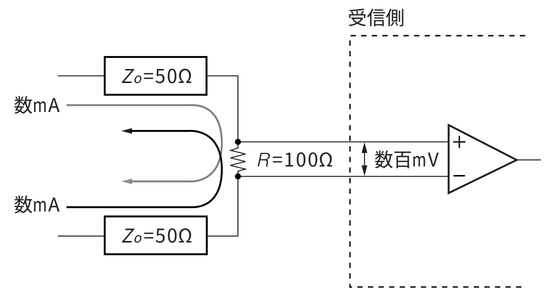


図2　LVDSの受信概略図

図のように，LVDSは終端抵抗Rで*I-V*（電流-電圧）変換を行う．終端抵抗Rで生じた電位差を受信して元の信号に戻す．電流の向きによって信号のレベルが変わる．

の18ビット，60フレーム/sで接続する場合，信号線は約20本必要となります．一方，本インターフェースを用いると，これを4本にできます．

パワー・ダウン/ウェイクアップは，データ転送を行わない場合にシリアル機能を停止して消費電力をより小さくする機能です．この機能は，差動信号線を使用して実現しているため，信号線を新たに用意する必要はありません．

本インターフェース規格は，以下のデバイス間で使用できます(**図3**)．

- 携帯電話のベースバンドLSIとアプリケーション・プロセッサ(またはLCDコントローラ)の間
- ベースバンドLSI(またはアプリケーション・プロセッサ，LCDコントローラ)とLCDパネルの間
- ベースバンドLSI(またはアプリケーション・プロセッサ，LCDコントローラ)とカメラの間

いずれの接続箇所においても，データの高速転送を実現し，かつ，データの信頼性を確保するため，8b/10b符号化を採用しています．8b/10b符号化には次のような特徴があります．

- データの'0'と'1'の出現頻度を均一化する．これによって，伝送路上のDC(直流)バランスを整え，エラーの少ない安定したデータ転送を実現する．
- ディスパリティ('0'ビットと'1'ビットの個数の差)があるため，ディスパリティ・チェックによって伝送路上のエラーを検出できる．

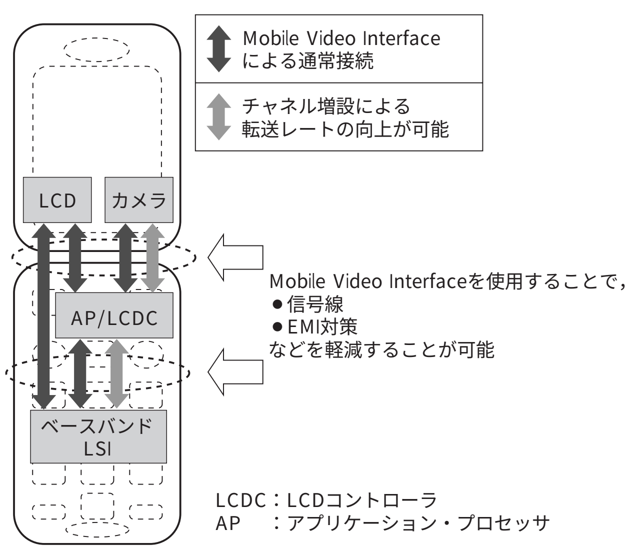


図3　シリアル・インターフェースの適用例

Mobile Video Interfaceは，1)LCDパネルとベースバンドLSI(またはLCDコントローラ，アプリケーション・プロセッサ)の間，2)カメラとLCDコントローラ(またはアプリケーション・プロセッサ，ベースバンドLSI)の間，3)ベースバンドLSIとLCDコントローラ(またはアプリケーション・プロセッサ)の間のバスに適用できる．2)と3)については，やり取りするデータ量が多いので，Mobile Video Interfaceのデータ・チャネル数を増やすことで対応する．

符号化にデータの冗長性があるため，本来8ビットで符号化されないデータのパターンが存在します．これを特殊コード(Kコード)と言い，パケット通信に用いることができます．なお，本インターフェース規格では，この符号化やエラー検出の処理を物理層に実装するように規定しています．そのため，ユーザ(携帯電話などの開発者)は，こうした機能を意識せずに利用できます．

● クロックの立ち上がりでデータの送受信を行う

Mobile Video Interfaceではクロックとデータをそれぞれ別々に送信します．データは，クロックの立ち上がりに同期した片エッジのクロッキング方式を採っています(**図4**)．高速シリアル・インターフェース規格では，データの中にクロック成分を埋め込んだり，LVDSのように遅いクロックを受信側でてい倍してデータを取り込むなど，さまざまなクロッキング方式があります．本インターフェース規格では携帯電話内部のバスとして使用することが前提なので，データ転送距離が短いことから，**図4**のような簡単な伝送方式を選びました．

差動信号の＋端子が'1'で，－端子が'0'の場合，シングルエンドでは'1'になります．例えば**図4**の場合なら，A，B，Cがクロックの立ち上がりです．このクロックに従って送信されるデータ$D_{n\text{-}1}$，D_n，D_{n+1}はシングルエンド信号であり，それぞれ'1'，'0'，'1'を表しています．

送信側はクロックの立ち上がりに同期してデータを出力し，受信側はクロックの立ち上がりでデータを受信します．**図4**を用いて説明すると，送信側においてAの立ち上がりで出力したデータD_nは，Bのクロックの立ち上がりで受信

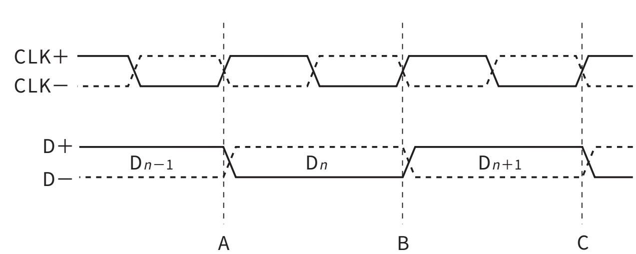


図4　伝送方式

図のように，クロックとデータを別々に送信する．データは，クロックの立ち上がりに同期した片エッジのクロッキング方式である．実線は差動信号のプラス側を，破線は差動信号のマイナス側を表している．

側に受け取られます．

本インターフェース規格は，単方向，全二重，半二重の三つの通信方式に対応しています．ただし，半二重通信はホストからターゲットへのデータ信号DTOを1チャネル（ch1）しかサポートしていません．これは，半二重通信についてはターゲットからホストへの転送データ量が少ない場合を想定しているからです．

全二重通信では，1チャネルのデータを転送する場合，物理信号はホストからターゲットのクロック信号（CLK＋，CLK－）とデータ信号（DTO＋，DTO－）の4本，ターゲットからホストへのストローブ信号（STB＋，STB－）とデータ信号（DTI＋，DTI－）の4本の合計8本になります．

次に，基本的な物理信号についてまとめます（**図5**）．

1）CLK＋，CLK－：ホストがターゲットに供給するクロック．最大動作周波数は200MHz．ターゲットは本クロックをシステム・クロックとするため，PLLを持つ必要はない．

2）DTO＋，DTO－：CLK＋，CLK－に同期して出力される．1チャネル当たり最大200Mbpsのデータ転送速度に対応している．システムに応じて，チャネル数を追加することができる．半二重通信時は，CLK＋，CLK－を分周したクロックに同期して，ターゲットからホストへのデータを出力する．

3）STB＋，STB－：ターゲットからホストへのストローブ信号．CLK＋，CLK－から生成される．

4）DTI＋，DTI－：ターゲットからホストへの入力データ．1チャネル当たり最大200Mbpsのデータ転送速度に対応し，STB＋，STB－に同期して出力される．DTO＋，DTO－と同様に，システムに応じてチャネル数を追加することができる．

なお，STB＋，STB－とDTI＋，DTI－は，ターゲットからホストへの高速なデータ転送がシステムとして要求される場合にのみ必要となります．

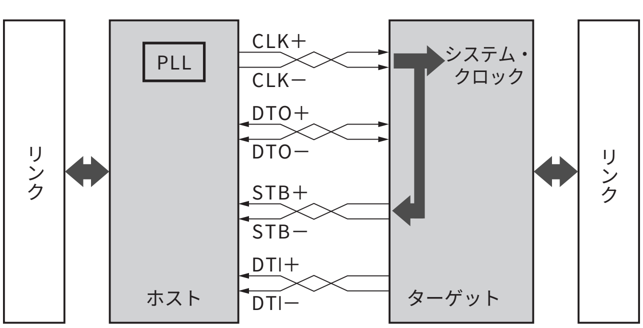


図5　物理層インターフェース

Mobile Video Interfaceでは，ホストからターゲットへの信号線としてCLK＋，CLK－（クロック信号）とDTO＋，DTO－（データ信号）の4本，ターゲットからホストへの信号線としてSTB＋，STB－（ストローブ信号）とDTI＋，DTI－（データ信号）の4本が基本となる．

● 1チャネル当たりの消費電流を1.5mAに抑える物理層

Mobile Video Interfaceの物理層のアナログ部電気的特性[注2]を**表1**に示します．アナログ電源は2.8V系（2.5V～3.3V）で使用できるようになっています．また，伝送路の電流はHシンク電流I_HとLシンク電流I_Lであり，それぞれ平均で600μA，120μAという値をとります．現在のLVDSの2mA～3mAと比べると，かなり小さくなっています．伝送路の電位は平均で1.0Vです．このときの1チャネル（差動1対）当たりの消費電流は1.5mAとなります．

本インターフェースのアナログ部の送信側と受信側の概略図を**図6**に示します．携帯電話への適用を目的としているため，LVDSとは異なる独自の高抵抗*I-V*変換回路を持たせて，低消費電力化を図っています．

この回路では，送信側で転送するデータ信号（V_I）の論理を反転したもの（$/V_I$）を生成します．**図6**に示すように，V_Iと$/V_I$によって送信端にあるドライバ（定電流源）をON/OFFします．駆動（ON）した定電流源に必要な電流は，受信側から供給されます．受信側では送信側に供給した電流を*I-V*変換によって電圧に変換し，コンパレータ回路に入力します．コンパレータ回路で差動間の電位差を検出して，元のシングルエンドの信号に変換します．DCバイアスは

注2：Mobile Video Interfaceでは，物理層についてアナログ機能とロジック機能を規定している．例えば，シリアル-パラレル変換や8b/10b符号化などはロジック機能である．

表1　アナログ部電気的特性

項目	記号	仕様			単位	備考
		最小	標準	最大		
Tx/Rxアナログ電源	AV_{DD}	2.5	－	3.3	V	－
データ転送クロック周波数	f_{CLK}/f_{STB}	－	－	200	MHz	－
Hシンク電流	I_H	－	600	－	μA	－
Lシンク電流	I_L	－	120	－	μA	－
伝送路電位	V_R	－	1.0	－	V	－
消費電流（1チャネル当たり）	I_{AVDD}	－	1.5	－	mA	AV_{DD}=2.85V，f_{CLK}=200MHz，T_a=25℃
動作環境温度	T_a	－40	－	85	℃	－

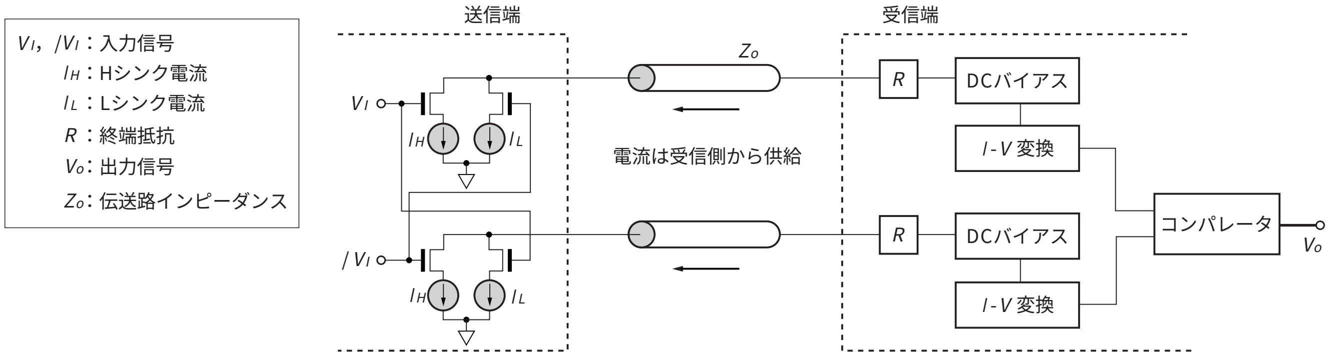


図6　アナログ回路

送信側のドライバをON/OFFすると，受信側からシンク電流I_H/I_Lが供給される．このため，信号は送信端から受信端に転送されるが，電流は受信端から送信端に流れることになる．

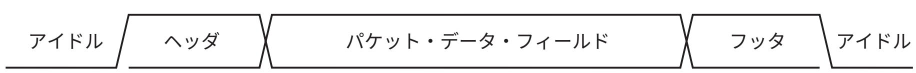


図7　パケットの基本構成

Mobile Video Interfaceのパケットは，「ヘッダ＋パケット・データ・フィールド＋フッタ」が基本構成となる．パケットとパケットの間に「アイドル」が入る．対象アプリケーションによって，ヘッダ，パケット・データ・フィールド，フッタのフォーマットが変わる．

伝送路と*I-V*変換回路を分離し，高速動作できるようにするためのしくみです．

伝送路において差動＋側にI_Hのシンク電流が流れている場合，差動－側にはI_Lのシンク電流が流れています．また，受信側にある終端抵抗*R*を用いて受信側の入力インピーダンスを伝送路インピーダンスZ_Oと合わせる（整合する）ことで，入力端の反射やノイズの影響を少なくしています．

● 基本パケット構成のみ定義してカスタマイズ可能に

本インターフェースは，パケットを用いてデータ転送を行います．規格では，パケットについての基本的な構成案やシーケンス案を提示しています．これは，アプリケーションによって上位層（データリンク層以上）をカスタマイズして，パケット構成やシーケンスを最適化できることがユーザにとって望ましいと考えたからです．ただし，パケット構成の基礎は「ヘッダ＋パケット・データ・フィールド＋フッタ」であり，データを転送していない状態をアイドルとする点は，すべての上位層について共通です（**図7**）．

本インターフェースで基本案として考えているパケットの種類は，以下のとおりです．

- **ライト・リクエスト・パケット：**アドレスは最大56ビット（7バイト）の空間まで指定できる．データは1パケット当たり最大$2^{16}-2$バイトまで指定できる．また，2バイトのCRC（cycle redundancy check）符号を使用できるようにしている．
- **リード・リクエスト・パケット：**アドレス，データ，CRCについては，ライト・リクエスト・パケットと同様．
- **レスポンス・パケット：**リード・リクエスト・パケットに対するパケット．ホストからターゲットに対してリード・リクエスト・パケットを送出し，その応答としてターゲットはホストに対してこのパケットを転送する．
- **アクノリッジ・パケット：**送信したパケットが到達した際に転送される応答パケット．
- **ストリーム・パケット：**ストリーム・データ転送のためのパケット．携帯電話のLCDパネルに表示する画像データやカメラからのデータの転送に使用する．

なお，現在，上位データリンク層を定義している規格として「LCD規格」があります．これは，LCDパネルに対するパケット構成やシーケンスについて定義しています．今後はカメラやベースバンドLSIについてもデータリンク層を定義していく予定です．

● 規格準拠チップによる特性評価

上記のような特徴を持つMobile Video Interfaceに準拠したチップとして，筆者らはLCD表示向け汎用ブリッジIC「S1D13S01」と「S1D13S02」を開発しました．S1D13S01は

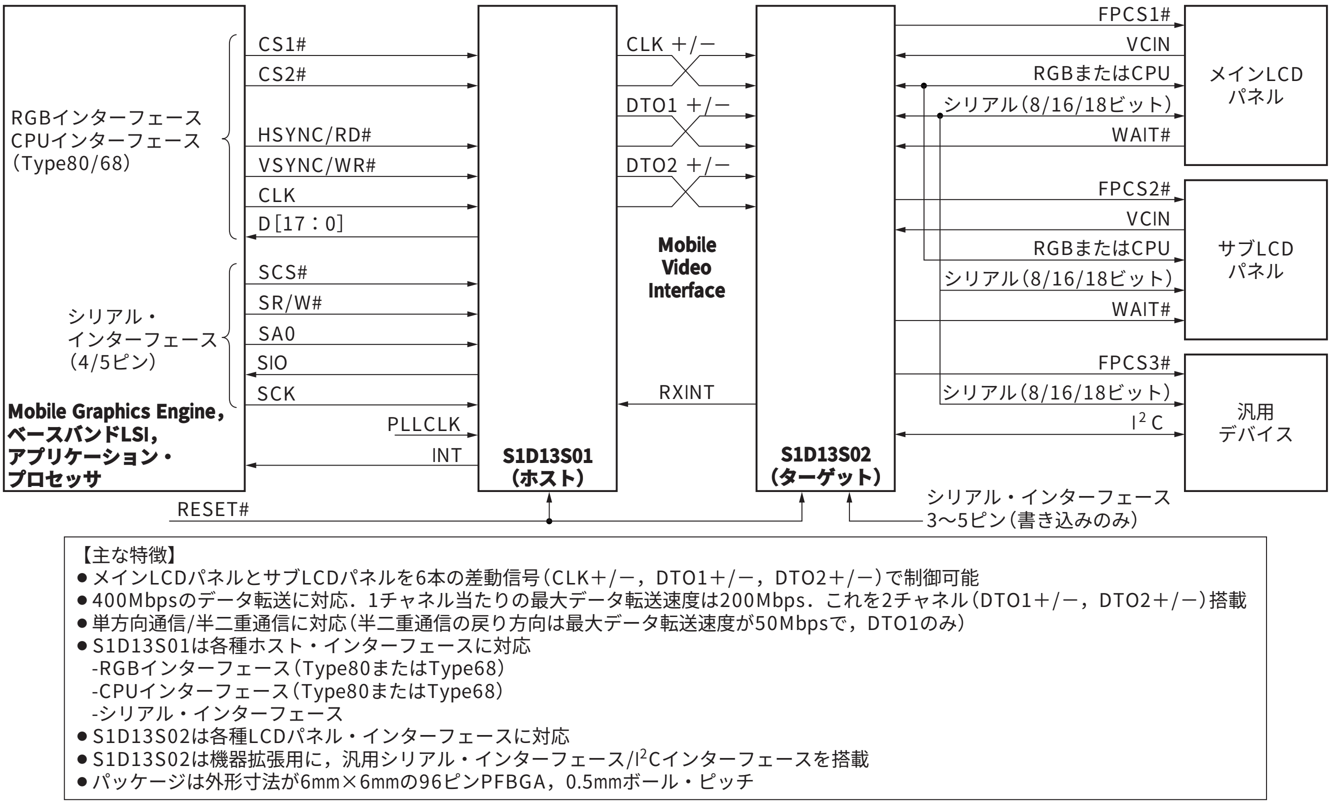


図8　システム構成図

S1D13S01とS1D13S02を使用した場合のシステム構成例を示す．S1D13S02には2種類のパネル(メイン・パネルとサブパネル)を接続することができる．

ホスト側の，S1D13S02はターゲット側のブリッジICとして利用します．**図8**に，S1D13S01とS1D13S02を使ったシステムの構成例を示します．S1D13S02を用いることで2種類のパネル，例えばメインLCDパネルとサブLCDパネルを接続することができます．メインLCDパネルは二つ折り携帯電話の場合，2インチほどの大きさになります．一方，サブLCDパネルは背面の小さなパネルです．

実際にこのICを用いて特性評価を行った結果を以下に紹介します．評価内容は，伝送路条件による200Mbpsデータ転送，EMI評価，アイ・パターンの三つです．

なお，本評価では，伝送路のコネクタとして日本航空電子工業の「AA10試作(細線同軸)」，「FF05試作(FPC)」を使用しています．また，EMI評価については，TDKの3m法電波暗室を利用しました．

1）伝送路条件による200Mbpsデータ転送

伝送路条件(とくに使用するケーブル仕様)が200Mbpsのデータ転送にどのように影響するかを，実際にLCDパネルにデータを転送し，画像を表示させて評価しました．この評価における伝送路条件は，細線同軸の「特性インピーダンス」と「長さ」としました．評価条件は以下のとおりです．

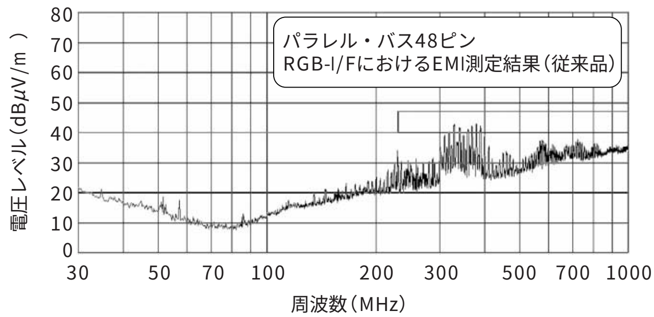
- ケーブルの特性インピーダンス：30Ω，40Ω，45Ω，50Ω，55Ω，60Ω
- ケーブルの長さ：80mm，120mm，160mm，200mm
- データ転送速度：200Mbps
- 使用パネル仕様：QCIFサイズ，RAMなし
- LCDコントローラ・インターフェース：RGBインターフェース

評価では，これらすべての条件でLCDパネルに画像がきちんと表示できていることを確認できました．このことから，200Mbpsの高速データ転送を行っても伝送路の特性インピーダンスにはそれほど影響を受けず，伝送路長も携帯電話のシステムで使用される範囲内であれば問題ないと思われます．

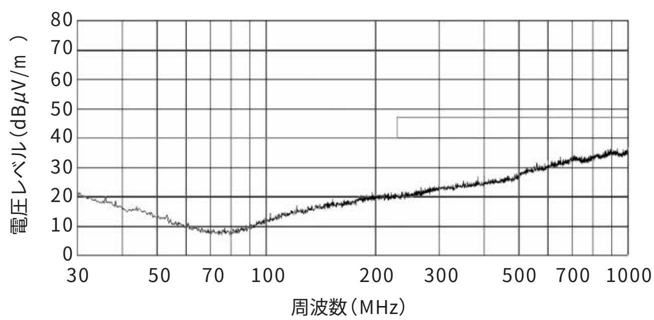
2）EMI評価

EMIについては，CISPR 22[注3]のクラスB，3m法に沿っ

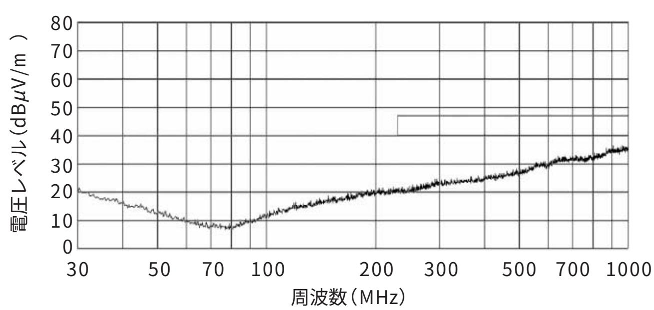
注3：CISPR(「シスプル」と読む)は，国際無線障害特別委員会が策定する電磁妨害に関する規格．CISPR 22は，「情報技術機器の無線妨害特性の限界値と測定方法」を取り決めたもの．3m法は，テスト対象機器と受信アンテナの距離を3mにして，放射妨害波の電界強度を測定する．



（**a**）パラレル・バスの評価結果



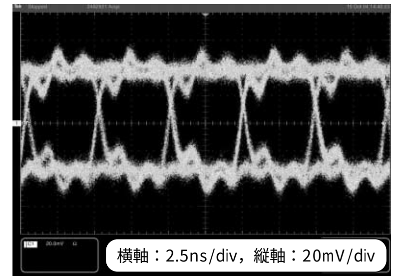
（**b**）Mobile Video Interface，細線同軸の評価結果



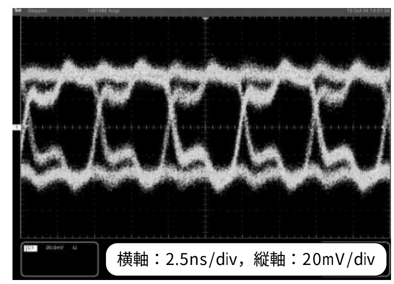
（**c**）Mobile Video Interface，FPCの評価結果

図9　EMIの比較

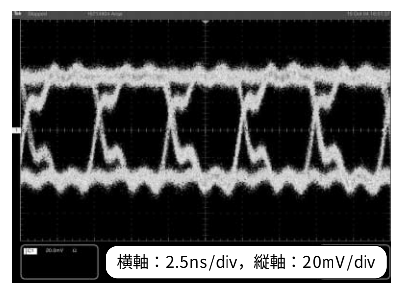
従来のパラレル・インターフェースよりもMobile Video Interfaceを使用した場合のほうが，明らかにEMIが小さいことがわかる．



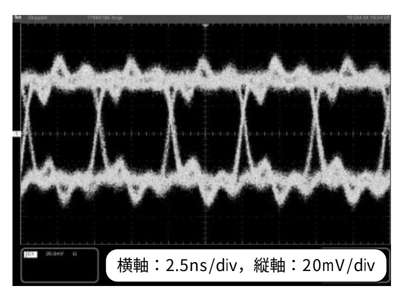
（**a**）Z_o=50Ω，L=80mm（細線同軸ケーブル）



（**b**）Z_o=50Ω，L=160mm（細線同軸ケーブル）



（**c**）Z_o=40Ω，L=80mm（細線同軸ケーブル）



（**d**）Z_o=60Ω，L=80mm（細線同軸ケーブル）

図10　アイ・パターン

いずれもデータ転送速度は200Mbps．

た評価を行いました．従来のパラレル・インターフェースを使用した場合，Mobile Video Interfaceで細線同軸ケーブルを使用した場合，同インターフェースでFPC（フレキシブル・プリント配線板）ケーブルを使用した場合の三つのケースについて測定を行いました．従来のパラレル・インターフェースを使用した場合よりもMobile Video Interfaceを使用した場合のほうが，明らかに不要放射ノイズが小さいことがわかります（**図9**）．

また，本インターフェースの場合，伝送路として細線同軸ケーブルまたはFPCケーブルのどちらを使用してもEMIが小さいことがわかります．これは，本インターフェースの伝送路上の電流がμA単位と非常に小さいため，伝送路に生じる電位も小さく，不要放射ノイズが小さくなるためです．

3）アイ・パターン

実際にデータを転送しているときの伝送路のアイ・パターン（波形データ）を**図10**に示します．アイ・パターンを測定する場合の条件は，伝送路（細線同軸）の特性インピーダ

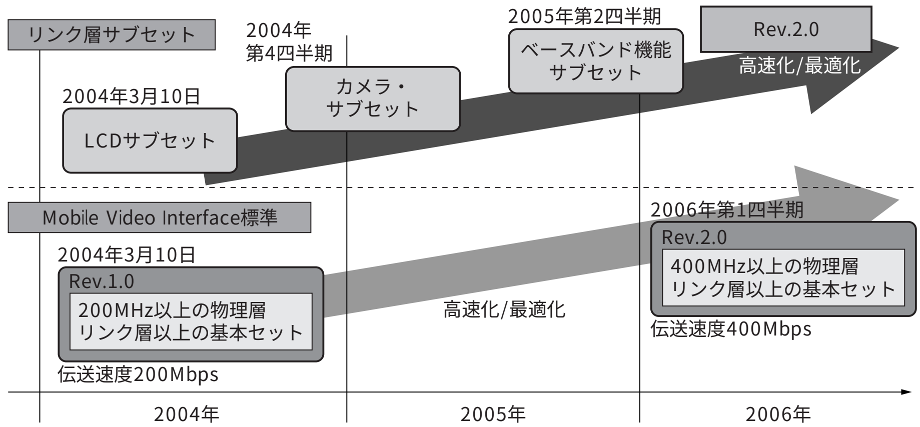


図11
Mobile Video Interfaceとリンク層のロードマップ
Mobile Video Interfaceとして400Mbps転送に対応する規格を2006年第1四半期に発表する予定．また，上位層であるカメラとリンク層の間，ベースバンドLSIとリンク層の間の規格のロードマップを示す．

ンスとケーブルの長さとしました．また，200Mbpsデータ転送は上述の「伝送路条件による200Mbpsデータ転送の確認」と同じように，QCIFサイズの60フレーム/s，RAMなしLCDパネルを使用しました．LCDコントローラ・インターフェースはRGBインターフェースです．

この結果から，各伝送路条件においてもアイがきちんと開いていることがわかります．また，立ち上がり/立ち下がり（T_r/T_f）ともなまっていませんし，ジッタもひどくなっていないことがわかります．

先に述べましたが，Mobile Video Interfaceでは今後，上位層であるカメラ向けデータリンク層およびベースバンドLSI向けデータリンク層の規格について，それぞれ2004年第4四半期，2005年第2四半期にリリースする予定です（**図11**）．また，データ1チャネル当たりの転送速度を現在の倍（400Mbps）にする規格の策定も進めていきます[注4]．

しばた・ゆきなり
セイコーエプソン（株）

<筆者プロフィール>
柴田幸成．2000年に，セイコーエプソンに中途で入社．IC設計者として働いている．

注4：今回説明したインターフェースについては，アライアンスに入ることで詳細規格書などを入手することができる（問い合わせ先は，セイコーエプソン 電子デバイス営業本部　EDビジネス戦略部．TEL 042-587-1286）．

